

УДК 551.4.042(575.2)

А. В. ПАНИН, А. Ю. СИДОРЧУК, Р. С. ЧАЛОВ

КАТАСТРОФИЧЕСКИЕ СКОРОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ФЛЮВИАЛЬНОГО РЕЛЬЕФА

В областях современного активного горообразования формирование террасового комплекса в речных долинах охватывает десятки тысяч лет, а скорости врезания рек не превышают 0,5—7,0 мм/год [1]. С инженерной точки зрения естественные направленные вертикальные деформации речных русел интереса не представляют, и в многочисленных «Рекомендациях...» [2, 3] их учет не предусматривается. Исключения из этого правила достаточно редки, но тем более опасны, что ни в отечественной, ни в зарубежной литературе нет критериев необходимости проведения специальных исследований влияния естественного врезания рек на устойчивость гидротехнических и инженерных сооружений.

Одним из таких исключений является река Алабуга (Киргизия). Здесь в 70-е годы в проектах серии водозаборных станций для орошения сельскохозяйственных угодий в долине было заложено стандартное предположение об устойчивости в среднем за длительный период отметок дна реки. Однако в районе Джергитальской насосной станции (40 км выше устья) только за 1983—1987 гг. русло реки врезалось на 2 м. Головное сооружение водозабора обсохло, и для поддержания работы насосной станции и обеспечения поливных земель водой его дважды пришлось переносить вверх по реке. Неожиданность этого явления потребовала специального выяснения его причин.

Река Алабуга — левый приток Нарына — имеет площадь водосбора 5820 км², длину от слияния рек Арпы и Пчана — 67 км. Средний годовой сток воды в нижнем течении реки (в/п Кош-Тюбе) составляет 903 млн. м³, взвешенных наносов — 2200 тыс. т. Максимальный расход воды 280 м³/с, максимальная мутность — 56 кг/м³. В верхней части бассейна, в пределах Арпинской впадины формируется до 70% стока воды и около 20% стока наносов реки. После пересечения в узком ущелье хребта Джаман-Тоо и слияния с рекой Пчан Алабуга выходит в Средненарынскую впадину. Долина ограничена с северо-запада плосковершинным хребтом Западный Ак-Шийряк; с юга и юго-запада — Ферганским хребтом, с востока — хребтом Джаман-Тоо.

Формирование Средненарынской впадины началось в олигоцене — раннем миоцене. До конца плиоцена здесь накапливалась пестроцветная толща моласс, представленная озерными алевритами с маломощными прослоями песчаников и редкими линзами аллювиальных песков и галечников [4]. В конце плиоцена — начале плейстоцена усиление восходящих движений вызвало сокращение области седиментации, особенно в западной части впадины. В среднем плейстоцене область осадконакопления окончательно сосредоточилась в пределах долин Нарына и Алабуги [5]. С этого времени происходит непрерывное эрозионное расчленение отложений впадины.

В пределах Средненарынской впадины долина Алабуги имеет двучленное строение (рис. 1). Погребенная долина (табл. 1) шириной 2—4,5 км врезана на 500—800 м в неогеновые и четвертичные озерные алевриты и заполнена 50—150-метровой толщей плохосортированных галечно-валунных отложений (средний диаметр $d_{ср}$ 55—95 мм, доля окаربонированного песчано-гравийного

Таблица 1

Строение погребенной долины р. Алабуги

Расстояние от устья	Ширина	Глубина	Максимальная мощность верхнечетвертичного аллювия
км		м	
64—50	3,5—3,7	650—700	80—110
50—40	4,3—4,5	550—600	70—150
40—30	3,0—2,5	700—750	50—60
30—25	3,0—3,5	700—800	90—120
20—15	1,8—2,0	Нет данных	
5—0	3,0—3,5	Нет данных	

Таблица 2

Строение современной долины р. Алабуги

Расстояние от устья	Ширина долины	Глубина вреза, м			Относительные высоты террас, м	
		общая	в древ- ний аллювий	в озер- ные але- вролиты	верхнего комплекса	нижнего комплекса
км						
57,3	0,7	110	20	90	—	2,9; 5,2; 12; 17,9; 19,7; 27,8; 58,3; 89,5
54,0	0,8	90	45	45	56; 66	8,7; 11; 12; 12,5; 19,5; 22
49,1	1,0	70	48	22	38,8; 67,8	2,5; 4,1; 7,7; 11,6; 21,4
47,5	0,9	70	46	24	50; 60	4; 8; 10; 14,5; 31
44,3	0,7	60	48	12	19; 24	2; 2,5; 3; 4; 7; 8; 9; 14
41,1	1,2	55	40	15	19; 26; 39; 52	1,7; 4,5; 5; 8; 12
36,0	1,2	70	45	25	27; 28,5; 31,5; 38; 48; 62	2; 3,5; 4,1; 4,6; 5,7; 9,5; 17
31,8	0,6	50	27	23	22,5	4; 6,8; 9,4; 12; 15
28,0	1,7	60	40	20	21,5; 32; 43	4,2; 5,6; 6,6; 7; 12,5; 14,1; 20

заполнителя — 20—30%) с прослоями песчано-алевритового материала в нижнем течении реки. Максимальные мощности аллювия отмечаются в 40—50 км от устья, здесь же долина достигает наибольшей ширины (4,3—4,5 км).

Анализ данных электроразведки, выполненной институтом «Киргизгипроводхоз», вырисовывает сложную историю заполнения долины. На участке 64—50 км в кровле коренных пород зафиксировано до шести крупных погребенных врезов (рис. 1). Мощность толщи заполнения до 110 м. Наличие этих врезов говорит о неоднократных сменах в течение позднего плейстоцена эрозионного и аккумулятивного режимов. При этом каждый новый врез закладывался в стороне от предыдущего. На участке 55—64 км русло смещалось вправо, на участке 29—38 км — влево. Кровля толщи образует широкую уплотненную слабо-наклонную к современному руслу и вниз по течению поверхность основной террасы Алабуги. Ближе к реке на ней выделяются 1—2 террасовые ступени высотой 2—5 м, отражающие переход к последнему этапу врезания, которому соответствует современная долина.

Ширина современной долины 0,7—1,7 км. Глубина вреза 50—130 м, возрастает к верхней части участка (табл. 2). Долина прорезает толщу верхнечет-

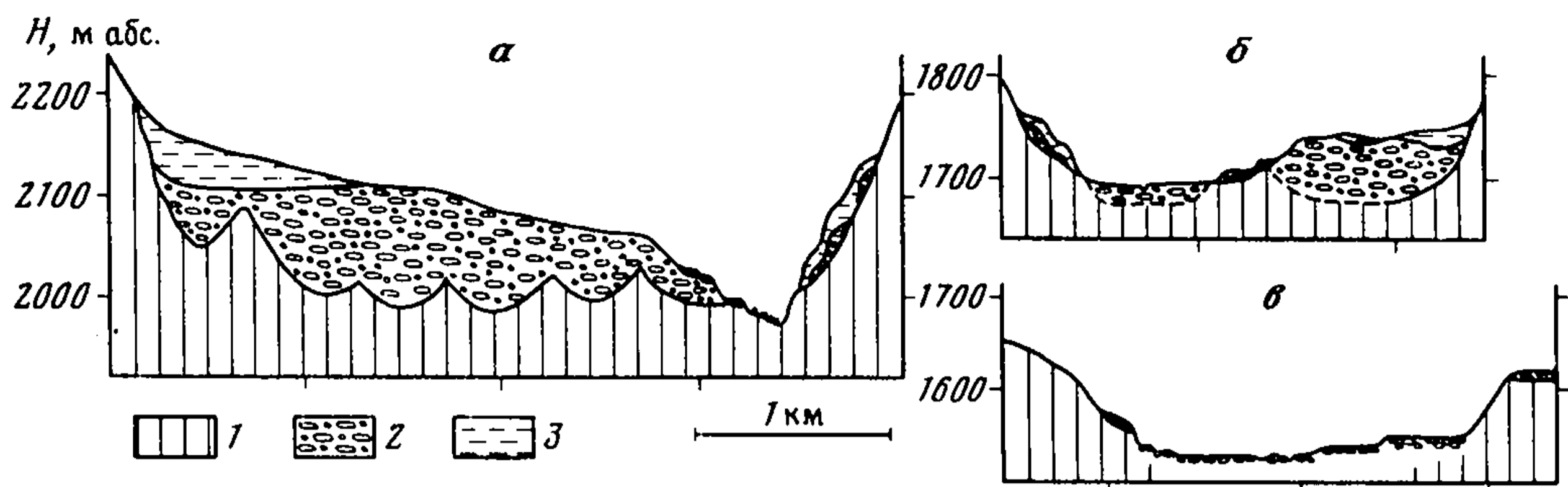


Рис. 1. Строение долины р. Алабуги: а — в 54, б — в 19,5, в — в 0,2 км от устья
 1 — озерные глины и алевриты с прослоями песчаников (N_{1-2}); 2 — аллювиальная валунно-галечная толща (Q_3), 3 — делювиальные суглинки (Q_4)

вертикальных галечников и вскрывает подстилающие их неогеновые озерные алевриты. Положение современного вреза в плане соответствует общим тенденциям смещения зон врезания реки во времени: выше 55 км врез прижимается к правому борту погребенной долины, ниже 55 км пересекает ее под пологим углом и в районе впадения р. Макмала (36 км от устья) прижимается к ее левому борту. В районе устья р. Джаман-Даван и ниже (15—0 км) последний врез занимает практически всю ширину долины Алабуги.

Несовпадение положения современного вреза и оси погребенной долины, а также изменение по длине реки механического состава древнего аллювия обусловили на разных участках различное сочетание в разрезах мощностей сцементированных галечно-валунных и легкоразмываемых алевритовых толщ. Выше 55 км мощность верхнечетвертичных валунно-галечных отложений не превышает 10—20 м, неогеновых алевритов — 90—120 м. Здесь долина имеет каньонообразный облик, с одним отвесным подмываемым и противоположным крутым, но террасированным бортом. Выделяется до 6—8 локальных цокольных террас, перекрытых маломощным (0,5—1,5 м) галечно-валунным аллювием ($d_{cp} = 120—130$ мм, отдельные глыбы до 1,3 м).

На 55—20 км долина прорезает 30—50-метровую толщу валунно-галечного нижнечетвертичного аллювия и врезается на 12—25 м в озерные алевриты (до 45 м в районе 55—51-го км). Это обуславливает двухъярусное строение современной долины. В пределах галечно-валунной толщи она относительно широкая (0,7—1,7 км), борта ее иногда отвесные, но чаще выположены. Террасы этого комплекса обычно немногочисленны (2—3 ступени, реже до 6 на поперечнике), имеют цоколь из древнего аллювия. Обычно самые низкие террасы в верхнем комплексе привязаны к подошве древнего аллювия, они наиболее широкие (60—100 м) и выдержаны по относительной высоте, аллювий на террасах галечно-валунный (d_{cp} 90—120 м), маломощный (1—2 м).

В пределах алевритов современная долина резко сужается до 0,2—0,5 км и приобретает вид каньона с одним отвесным и противоположным террасированным бортом. Террасы нижнего комплекса цокольные, неширокие, невыдержанные по простиранию и относительной высоте, уровни часто расщепляются на 2—3 и выклиниваются. Число уровней обычно превышает 5—6 на поперечнике. Аллювий на террасах галечно-валунный ($d_{cp} = 90—180$ мм), часто с валунной отмосткой ($d_{cp} = 220—250$ мм), маломощный (1,0—1,5 м).

Ниже 20—15 км строение современной долины упрощается. Здесь она прорезает толщу заполняющих древнюю долину отложений и подстилающие их близкие по механическому составу алевриты и пески с редкими прослоями гальки. Долина приобретает ящикообразную форму с крутыми, слаботеррасированными бортом, днище ее занято поймой и руслом Алабуги.

Средний уклон днища современной долины Алабуги (от устья р. Пчан) составляет 7,5%. Продольный профиль вогнутый в верхней части участка и выпуклый в нижней; в средней части уклон наименьший — 6—7%, в начале и конце (перед впадением в Нарын) — наибольший — 9—11%. На всем протяжении русло горное, с развитыми аллювиальными формами [6]. По морфологии русло Алабуги можно разбить на три участка: выше 42 км — врезанные излучины; 42—25 км — пологоизвилистое врезанное русло с прямолинейными вставками; ниже 25 км — прямолинейное, местами разветвленное широкопойменное. Руслообразующий аллювий валунно-галечный, d_{cp} на верхнем участке составляет 60—80 мм, на среднем — 140—170 мм, на нижнем участке и в устье — 50—120 мм. Мощность аллювия в русле на верхнем и среднем участках не превышает 1,5—2,0 м, что меньше глубины плесовых ложин; в русле часты выходы коренных пород, пойма и побочни часто цокольные. На нижнем участке выходы коренных пород в русле становятся более редкими.

Первичный русловой рельеф (гривы, ложбины, осередки) с морфометрическими показателями, близкими к современным, хорошо сохранился на пойме и низких террасах. На широких террасах верхнего комплекса также сохранился гривистый рельеф, но размеры палеоизлучин меньше, чем современных излучин. Для восстановления истории развития флювиального рельефа и установления темпов врезания были привлечены историко-археологические сведения, использованы гидрометрический, инструментальный и ряд методов абсолютного датирования.

Аллювиальная равнина с долиной Алабуги, пригодная как для земледелия, так и для кочевого скотоводства, издавна привлекала людей. По среднему течению реки вплоть до предгорий Ферганского хребта в прибортовых частях долины и на поверхности аллювиальной равнины обнаружено шесть разновозрастных групп курганов-могильников — от эпохи бронзы (VI—IV вв. до н. э.) до тюркского времени (VI—VIII вв. н. э.) включительно [7]. В пределах современной долины наиболее низко расположенные могильники тюркского времени обнаружены в 41 км от устья на террасе высотой 26 м и в 54 км — на террасе высотой 56 м. Могильники складывались в непосредственной близости от населенных пунктов, стоянок (зимовок) кочевников, т. е. там, где была возможность обеспечить водопой большого стада из относительно мелких речек. К таким крупным рекам, как Нарын и Алабуга, они привязаны лишь в тех местах, где берега были достаточно пологие, удобные для спуска к реке [7].

Согласно арабским источникам IX—X вв. [8], южная ветвь Великого торгового пути из Китая в страны Европы и Передней Азии проходила по долине Алабуги. От Узгена (западные предгорья Ферганского хребта) дорога вела через перевал Яссы к крепости Чалдывар на берегу р. Манакельды (левый приток Алабуги). Далее дорога шла к крепости Ширдарбек, расположенной ниже по Алабуге на ее правом берегу. Следовательно, караваны вынуждены были пересекать реку, что при современных отвесных бортах каньона нижнего яруса долины и скоростях течениях даже в межень не менее 2,5—3 м/с невозможно. Как известно, в 1389 г. долину Алабуги пересекло многочисленное войско Тимура [8]. Таким образом, имеются косвенные историко-археологические свидетельства того, что в IX—X, а возможно, еще в конце XIV в. каньонобразный современный врез Алабуги отсутствовал, русло реки было распластанным и достаточно мелководным, что делало возможным переправу людей и караванов.

Возраст высоких террас определен путем измерения толщины корки пустынного загара. На каждой датированной поверхности отбиралось 5—7 образцов гальки светло-серых мелкозернистых песчаников. Измерения толщины корки проводились с точностью до 0,05 мм в 5—10-кратной повторности. Тарировка кривой роста проводилась по независимо датированным объектам — низким террасам (12—30 лет), Кокандской крепости (150—160 лет), тюркским курганам (~1400 лет). Зависимость толщины корки от времени имеет вид $h =$

Возраст террас р. Алабуги, определенный по толщине корки пустынного загара, и скорость врезания реки за период их формирования

Расстояние от устья, км	Терраса	Отн. высота, м.	Средняя толщина корки загара, мм	Возраст поверхности, годы	Скорость врезания, м/год
41,1	VII	26	0,80	1300	0,0054 (до VI террасы)
41,1	VI	20	0,30	200	0,09 (до III террасы)
54	III	12	0,15	65	0,27 (до поймы)

Таблица 4

Возраст поймы и террас р. Алабуги (определенный дендрохронологическим методом) и средняя скорость врезания русла за период их формирования

Расстояния от устья, км	Форма рельефа	Отн. высота над побочным, м	Возраст, годы	Вид дерева для датирования	Скорость врезания, м/год
0	Современный побочень	0	33	Тополь	0,009
0	Пойма	0,4	100—120	»	0,004
6	»	0,6—0,9	30	Ива	0,027
11,7	Пойма (на карте 1973 г. побочень)	0,5	13	»	0,038
17,4	I терраса (цокольная)	3,8	26	»	0,146
19,5	I терраса (цокольная)	2,4	32	Тамариск	0,075
21,3	Пойма (цокольная) (на карте 1973 г. побочень)	1,2	14	Тополь	0,086
21,3	Пойма (цокольная)	1,35	15	Ива	0,09
24,8	Пойма	0,5	24	»	0,021
31,8	I терраса (цокольная)	1,35	15	Тамариск	0,09
32,8	Пойма (цокольная)	1,3	13	Ива	0,1
36	Пойма	0,8	8	Облепиха	0,1
36	I терраса	1,5	11	»	0,14
36	»	1,5	14	Ива	0,11
36	II терраса	2,7	16	Тамариск	0,17
36	VI терраса	5,3	30	Ива	0,18
37,3	I терраса (цокольная)	3,4	10	Тамариск	0,34
37,3	II терраса	5,2	24	»	0,23
41,1	Пойма (цокольная)	1	12	Облепиха	0,083
41,1	III терраса	4,8	30	Тамариск	0,16
42,7	Пойма	1,3	9	Облепиха	0,14
44,3	» (цокольная)	1,5	12	»	0,13
44,3	I терраса	2	14	Тополь	0,14
44,3	IV терраса?	4	30	»	0,13
44,7	I терраса	1,8	16	Облепиха	0,11
46,8	Пойма	1,3	11	Ива	0,12
47,4	»	0,95	7	Облепиха	0,14
47,4	I терраса	1,95	15	»	0,13
47,5	Пойма	0,4	10	Тамариск	0,04
47,5	I терраса (цокольная)	3,1	28	»	0,11
49,1	Пойма	1	11	»	0,09
49,4	Побочень	0	7	Облепиха	—
49,4	Пойма	0,6	11	»	0,05
49,4	I терраса	2	21	»	0,1
49,4	II терраса	2,7	27	»	0,1
51,3	Пойма	0,3	22	Тополь	0,014
51,8	»	0,85	11	Ива	0,08
52,3	»	0,8	13	»	0,06
54	»	0,4	13	»	0,03
54	»	1,1	20	Облепиха	0,06

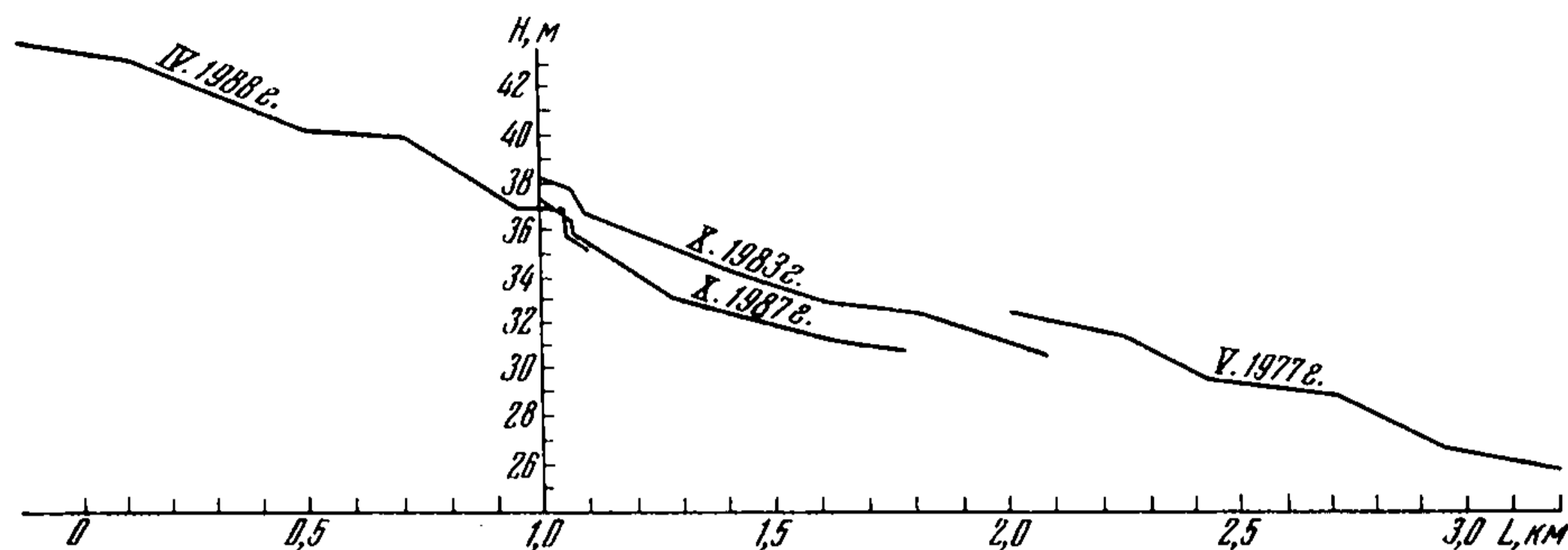


Рис. 2. Изменение отметок максимальной глубины русла р. Алабуги в районе Джергитальского водозабора (40 км от устья) (материалы Ю. С. Якиманского и Н. А. Шнейдер)

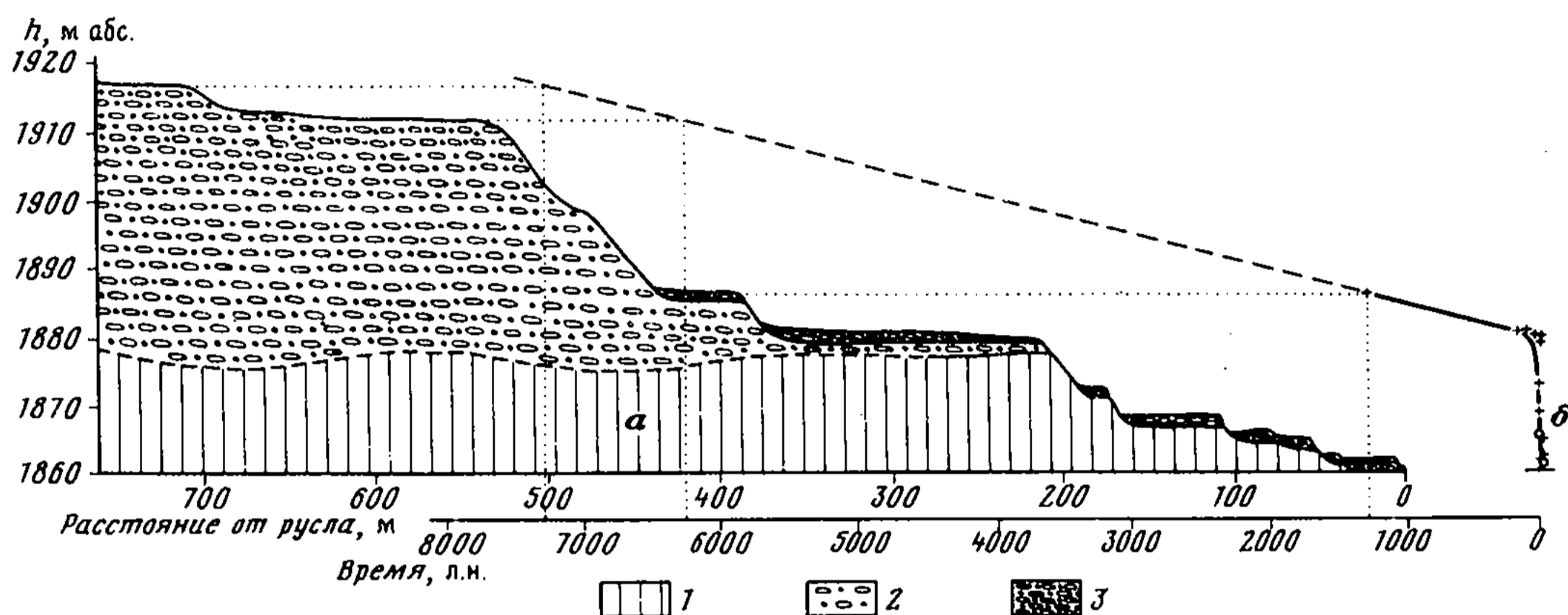


Рис. 3. Строение левого борта долины р. Алабуги в 41,1 км от устья (а) и эрозиограмма (кривая изменения возраста террас с их высотой), экстраполированная до уровня позднечетвертичной аллювиальной равнины (б)

1 — озерные глины и алевриты с прослоями песчаников (N_{1-2}), 2 — цементированный валунно-галечный аллювий с большим количеством песчано-гравийного карбонатного заполнителя (Q_3 — начало Q_4), 3 — валунно-галечный аллювий последнего этапа врезания, с небольшим количеством заполнителя (Q_4)

$= 0,022\sqrt{t}$, что соответствует закону формирования корки $dh/dt \sim 1/h$. Этот метод позволил датировать террасы высотой до 25 м и возрастом до 1300 лет (табл. 3).

Для определения возраста поймы и низких террас был применен дендрохронологический метод. Выбирались растения-пионеры, которые поселяются на прирусловых отмелях еще в период их регулярного затопления: белый тополь, ива, тamarиск, облепиха. Было проведено массовое (более 40 определений) датирование поверхностей поймы и террас на протяжении 60-километрового участка Алабуги от устья до места впадения ручья Сасык-Сай (табл. 4). Возраст деревьев был от 6—7 до 100 лет, относительные высоты поверхностей поймы и низких террас (кровли валунной отмости) составляли от 0,1 до 5,0 м над современными побочнями. Возможности метода ограничиваются естественной гибелью старых деревьев на высоких поверхностях и вырубкой тугайных лесов на топливо. Полученные данные позволили определить современные скорости врезания по всей длине участка (табл. 4).

Картографический метод применялся на нижнем широкопойменном участке реки. На местности идентифицировались фрагменты высокой поймы, показанной на картах 1 : 25 000 масштаба 1973 г. издания, как русловые отмели (табл. 4). Нивелированием определялось относительное превышение над современными

побочными поверхностями валунной отмостки в разрезах поймы. Возраст поймы уточнялся дендрохронологическим методом.

В районе Джергитальской насосной станции (40 км) специалистами ин-та «Киргизгипроводхоз» Ю. С. Якиманским и Н. А. Шнейдер проведены повторные инструментальные съемки русла (рис. 2), что позволило определить скорость понижения дна реки. В среднем за период с мая 1977 — по октябрь 1983 г. она составила 0,31 м/год, с октября 1983 по апрель 1988 г. — 0,44 м/год. В целом дно реки понизилось на 3,5 м за 11 лет.

По данным гидрологических наблюдений ин-та «Киргизгипроводхоз», мутность воды во время паводка 12—20 июня 1988 г. на участке от 53,5 км до устья увеличилась в 2,5 раза, а 20 апреля 1988 г. на участке 53,5—33,0 км в 2,1 раза увеличилась концентрация растворенных веществ. Расчеты с помощью уравнения деформации показывают, что слои материала, смытого со дна и берегов реки за сутки во время такого паводка, составляет 1,4—3,1 см.

Таким образом, в пределах современной долины Алабуги возраст террас верхнего комплекса 200—1300 лет, а террас нижнего комплекса — менее 200 лет. Соответственно облик каньона на всем протяжении долина реки приобрела не более 100—150 лет назад. Процесс врезания отличается значительной пространственно-временной неравномерностью. На 41,1 км (табл. 3) скорость врезания реки при формировании 6-метрового уступа VII террасы высотой 26 м в древнем валунно-галечном аллювии составляла 0,005 м/год; в этот период (1300—200 лет назад) образовалась относительно широкая VI терраса. При дальнейшем врезании русло реки достигло подстилающих древний аллювий озерных алевритов. Скорость врезания резко увеличилась; в период формирования уступов VI, V и IV террас (высоты 19, 12, 8 м соответственно) она составила 0,09 м/год, а за последние 30 лет (табл. 4) при формировании уступов III, II, I террас (высоты 5; 4,5; 1,7 м) достигла 0,21 м/год.

Современные (средние за последние 10—30 лет) скорости врезания р. Алабуги неравномерно изменяются по длине реки (табл. 4). В узле слияния Алабуги с Нарыном они составляют 0,4—0,9 см/год, что в общем соответствует общепринятым представлениям о скоростях врезания горных рек. Вверх по реке (на 18—19 км) скорость врезания увеличивается до 14—15 см/год, далее уменьшается до 1,2 см/год в 24—26 км от устья. Выше по течению вновь фиксируется значительное увеличение скоростей врезания; они достигают максимума 22—26 см/год на участке 37—40 км от устья. В зоне водозабора (40 км) инструментально определена скорость врезания реки за период 1983—1987 гг. — 32 см/год. На участке 41—50 км скорости врезания снижаются до 10—15 см/год, а выше 50 км — до 3—8 см/год, составляя за последние 20 лет на отдельных участках 1,4 см/год. Подобное распределение скоростей врезания реки совпадает с изменениями уклонов водной поверхности и оказывается связанным с литологией слагающих русло пород. Нижний максимум приурочен к области увеличения уклонов в низовьях реки. Средний максимум связан с локальным увеличением уклонов в области относительно частых выходов на берегах и в русле маломощных пластов более прочных, чем алевриты, пород — известняков и песчаников, создающих местные базисы эрозии, ниже которых существенно увеличиваются уклоны свободной поверхности и скорости врезания русла. Именно на таком порожилом участке был построен Джергитальский водозабор. Естественный размыв порогов и стеснение русла при производстве земляных работ приводят к местному резкому понижению отметок водной поверхности, усугубляя впечатление катастрофического врезания реки.

На верхнем участке реки наблюдаются сравнительно малые за последние 10—20 лет средние скорости врезания при средних за 60—70 лет скоростях 27 см/год (табл. 3). Однако здесь зафиксировано прохождение локальной волны регрессивной эрозии, разрушившей мост через Алабугу, где с 1954 — 1956 гг. произошло врезание русла на 6 м со средней скоростью 19 см/год (устное сообщение главного инженера проекта ин-та «Киргизгипроводхоз»

А. В. Филончикова). Таким образом, на участке 51—54 км от устья следует ожидать заметного увеличения скоростей врезания реки.

Согласно большинству исследователей, направленность эрозионно-аккумулятивных процессов в речных долинах горных областей Средней Азии определяется в основном колебаниями климата на фоне тектонических движений, обуславливающих локальные особенности долин, их индивидуальные особенности. Каждая цикловая терраса крупной реки по продолжительности своего формирования охватывает период, включающий оледенение (заполнение долины) и межледниковье (врез) [9].

К началу позднего плейстоцена на Тянь-Шане относится региональный этап углубления долин, следы которого отмечены в долинах Зеравшана, Вахша, Сурхоба, Обихингоу и других крупных рек [10]. Он совпадает с крупнейшим межледниковьем, разделяющим эпохи оледенения второй половины среднего плейстоцена и последнего, менее мощного позднеплейстоцен-голоценового оледенения. В долине Алабуги позднеплейстоценовый этап маркируется целым набором погребенных врезов, что позволяет считать современную долину закономерным этапом ее циклического развития. Голоценовый этап в целом характеризуется врезанием реки, о времени начала которого позволяет судить экстраполяция скоростей врезания в верхнеплейстоценовую аллювиальную толщу (рис. 3). Причины врезания, по-видимому, климатические — относительное уменьшение поступления наносов из верхней части бассейна. При этом в голоценовой истории долины выделяются две качественно различные стадии: 1) врезания в верхнеплейстоценовую аллювиальную толщу и 2) в коренные неогеновые алевриты.

Аналогом долины Алабуги на первой стадии служит, видимо, современная долина р. Джаман-Даван — правого притока Алабуги, впадающего в нее в 15 км от устья (длина 64 км, площадь водосбора 335 км²). Долина врезана в неогеновые отложения и хорошо разработана (ширина до 4 км), слабо террасирована и заполнена толщей галечно-валунного материала большой мощности. В нее фильтруется большая часть потока, а русло дробится на рукава, вследствие чего при значительных уклонах (до 30%) и больших скоростях течения не происходит интенсивного врезания. Выклинивание подземного потока происходит в низовьях реки, где она прорезает неогеновые породы, имея существенно больший уклон (40%), и тремя врезанными устьевыми рукавами впадает в Алабугу. Такая долина может долгое время располагаться на высоких гипсометрических отметках, так как в условиях редукции руслового стока длительное время продольный профиль реки будет выпуклым.

На второй стадии был сформирован глубокий врез, причем скорости врезания были на 1—2 порядка выше по сравнению с «джамандаванским» этапом. Главная причина этого — литология прорезаемых пород: коренные глины и алевриты обладают чрезвычайно высокой размываемостью. Ускорение врезания, по-видимому, началось уже в верхней толще вследствие уменьшения подземной составляющей стока при приближении к кровле водоупора, а также вследствие цементации и кольматации древнего аллювия. Трансформация разветвленного русла в неразветвленное сильно увеличила транспортирующую способность потока и скорость врезания реки.

Таким образом, в условиях горного рельефа катастрофически быстрое врезание русел рек происходит при дефиците руслообразующих наносов и малой противоэрозионной устойчивости пород, слагающих долину реки. Основными признаками катастрофического врезания является наличие цокольных русловых форм (побочней, осередков), а также мелкоступенчатость и цокольные поймы и низкие террасы, хорошая сохранность руслового рельефа на террасах. При таких морфологических признаках в осваиваемых горных долинах рек необходима организация детальных исследований динамики процессов флювиального рельефообразования. В местах наиболее интенсивной эрозии и быстрого смещения русловых форм вниз по реке морфологические признаки катастрофического

вреза могут уничтожаться в ходе руслового процесса. Поэтому исследования не должны замыкаться на небольших участках речных долин, непосредственно примыкающих к зонам хозяйственного освоения. Исследования нужно вести на всем участке долины реки, где основные условия — дефицит руслообразующих наносов и слабые грунты в русле — определяют потенциальную возможность катастрофически быстрых направленных русловых переформирований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Никонов А. А. Определение скорости врезания рек // Геоморфология. 1973. № 1. С. 24—35.
2. Рекомендации по учету русловых деформаций при проектировании переходов магистральных трубопроводов через равнинные реки с естественным режимом. М.: ОНТИ, 1987. 70 с.
3. Рекомендации по учету руслового процесса при проектировании ЛЭП. Л.: Гидрометеиздат, 1973. 179 с.
4. Джуманулов А. Д., Карась О. И., Королева Н. П. Особенности геологического строения и перспективы нефтегазоносности кайнозойских отложений Нарынской впадины. М.: ВНИИОЭНГ, 1975, 48 с.
5. Макаров В. И., Соловьева Л. И. К истории развития поднятий и впадин Центрального Тянь-Шаня в кайнозое // Вестн. МГУ. Сер 4, Геология. 1966. № 2. С. 36—42.
6. Работа водных потоков. М.: Изд-во МГУ, 1987. 194 с.
7. Бернштам А. Н. Историко-археологические очерки Центрального Тянь-Шаня и Памиро-Алая // Материалы и исследования по археологии СССР. № 26. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1952. 346 с.
8. История Киргизской ССР. Фрунзе: Кыргызстан. Т. I. 1984. 798 с.
9. Макарова Н. В., Макаров В. И., Акинин Б. Е. Закономерности строения и развития речных долин Средней Азии в четвертичном периоде // История развития речных долин и проблемы мелиорации земель. Западная Сибирь и Средняя Азия. Новосибирск: Наука, 1979. С. 93—100.
10. Макарова Н. В., Макаров В. И., Акинин Б. Е. Возраст и генезис переуглублений в четвертичных долинах Тянь-Шаня // Возраст и генезис переуглублений на шельфах и история речных долин. М.: Наука, 1984. С. 147—152.

Московский государственный университет
Географический факультет

Поступила в редакцию
25.IV.1989

CATASTROPHIC RATES OF THE FLUVIAL RELIEF FORMATION

PANIN A. V., SIDORCHUK A. Yu., CHALOV R. S.

Summary

The Alabuga valley structure in the Central Tien-Shan indicates unusual downcutting rate, too high even for mountain streams. Using various methods (historico-archeological, dendrochronological, cartographic, hydrological, dating by measuring the desert varnish thickness) the present-day rate of downcutting has been estimated, as well as its variations during the last 1300 years. The river channel cut through the Late Quaternary cemented gravel about 20 to 50 meters thick, the downcutting rate being about 0,5 cm per year. Having reached underlying lacustrine silts (Neogene) which are less resistant to erosion, the rate of deepening increased up to 9 cm per year and more. Mean annual values of channel downcutting are about 0,4 to 0,9 cm near the river mouth and reach 32 cm near the Djergital water intake.

Such rapid deepening interferes considerably in normal operation of water intake stations and bridges. The authors come to the conclusion that in mountains the channel deepening reaches catastrophic rates under conditions of channel load deficiency and weak bedrocks. If morphological evidences of rapid downcutting are discerned, fluvial dynamics should be studied in detail before engineering works.